

УДК 902.2+902.4+004.93
DOI: 10.17223/2312461X/25/8

ТАМЧИНСКИЙ ОЛЕННЫЙ КАМЕНЬ: ОПЫТ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ МЕГАЛИТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ*

Владислав Витальевич Казаков,
Александр Ильич Симухин,
Василий Сергеевич Ковалев,
Павел Евгеньевич Марнуев,
Дашинима Валерьевич Намсараев,
Людмила Валентиновна Лбова

Аннотация. В статье изложена методика документирования стел с рельефными изображениями с помощью фотограмметрии на примере выразительного объекта – Тамчинского оленного камня в Забайкалье. Предложено полное описание памятника, его стилистические особенности изображений по плоскостям. Апробирован способ камерального полуавтоматического построения прорисовок изображений на основе цифровых методов, традиционно применяющихся в топографических задачах. Основной принцип подхода состоит в 3D-моделировании объекта с помощью SfM-фотограмметрии, создании DEM-модели рельефа плоскостей и последовательном применении алгоритмов SLRM и Canny Edge Detection для выделения изображений. Полученные таким образом цифровые изображения позволяют уточнить детали изображений и используются для окончательной прорисовки рисунков. За счет использования ортонормированных изображений в качестве исходного слоя полученные прорисовки лишены возможных геометрических искажений, чего сложно добиться, применяя другие техники прорисовки. Описанная методика документирования относится к высокоточным и неинвазивным методам. Предложенные результаты документирования позволяют создать точные цифровые модели, обеспечивающие решение последующих задач исследовательского характера (датировка, технология создания изображений, измерения расстояний, глубины и формы следов орудий, которыми были выполнены изображения, а также для морфометрического анализа и т.д.). 3D-модели предоставляют информацию для мониторинга, исследований процессов деградации и могут быть представлены общественности в интернете, распечатаны или интегрированы в виртуальные 3D-сцены.

Ключевые слова: документирование археологических объектов, фотограмметрия, оленный камень, техника рельефа, Монголия и Забайкалье

* Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 18-78-10079 «Разработка технологий и информационной системы документирования и научного обмена археологическими данными»).

Введение

Оленными камнями называют каменные стелы с изображениями в условно-реалистической или орнаментально-декоративной манере оленей и других животных. Тип археологического объекта получил название от тюркского «сыынташ» – оленный камень, или монгольского «буган-хөшөө» – «олень-стела», или «буган-чулуу» – «олень-камень». В основу термина положен визуальный принцип – изображения «летающих» оленей, которые опоясывают каменные стелы, «перетекая» с грани на грань, разворачиваясь по спирали вверх. Кроме стилизованных оленей, встречаются фигуры лошадей, кабанов, козлов, собак, пантер, других животных, иногда птиц. Стелы в основном четырехгранные со скошенным верхом. Встречаются и иные формы камней – плоские, округлые, многогранные в сечении и т.д. Как правило, узкие грани образуют лицевую и тыльную стороны, основной декор в виде стилизованных оленей располагается на широких плоскостях (Волков 1981, 2002; Савинов 2002; Turbat et al. 2011 и др.).

Оленные камни имеют элементы фигуративной антропоморфности, в соответствии с этим принципом выделяются зоны верхней, средней и нижней частей (Кубарев 1979; Волков 1981; Членова 1984; Новгородова 1989; Килуновская, Семенов 1993; Савинов 2002 и др.). Изображения, отдельные элементы (такие как украшения, тамги, пояса, оружейный набор, предметы вооружения и т.д.) в верхней и нижней частях находят аналогии в материалах карасукской культуры, культурах плиточных могил и керексуров. Датировка оленных камней и их типов остается предметом дискуссии. Устойчивой является точка зрения об их появлении в финале среднего или в позднем бронзовом веке и принадлежности этого типа памятников к культурному кругу, включающему степные культуры «скифского круга», в целом, в пределах I тыс. до н.э. (Волков 1981; Грязнов 1984; Савинов 2002; Takashama et al. 2006; Тишкин 2013б; Есин и др. 2017 и др.).

Известно более 800 оленных камней, расположенных в степном поясе Евразии, но большая концентрация приходится на территорию Монголии (Окладников, Запорожская 1970; Волков 1981; Новгородова 1989; Савинов 1994; Волков 2002; Ольховский 2005 и др.). По морфологическим и стилистическим характеристикам выделяют три типа оленных камней: общеевразийский (без изображений животных), саяно-алтайский и монголо-забайкальский (с условно-реалистическими и орнаментально-стилизованными изображениями оленей) (Волков 2002). Необходимо отметить связь оленных камней с определенным типом керексуров, при этом, большинство изваяний смещено с первоначального места их расположения (Худяков 1987; Савинов 1994; Волков 2002; Ковалев, Эрдэнэбаатар 2007 и др.).

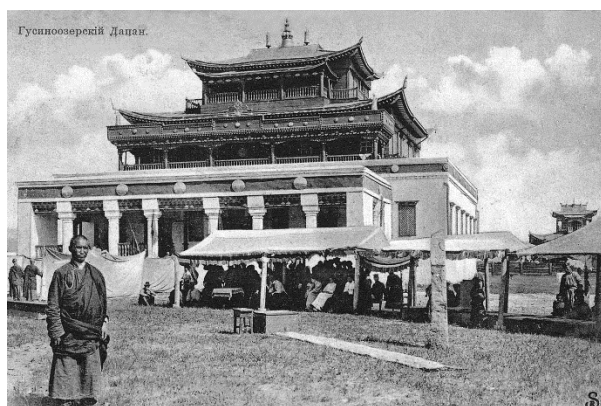
Археологический контекст указывает на использование таких стел в обрядах погребально-поминального характера (Ковалев, Эрдэнэбаатар 2007; Чугунов 2007; Тишкин 2013б; Есин и др. 2017 и др.). В более раннее время переиспользование стел было типично для каракольской, окуневской и чемурчекской культур Саяно-Алтая (Есин 2010: 141). Очевидно, существовала тесная связь между проведением обряда и созданием изображения, которое не только должно было соответствовать принятой иконографии, но и ассоциироваться с конкретным обрядом (Есин и др. 2017).

Примеры таких скульптурных памятников отличаются не только изображенными реалиями, но и оформлением. Известные объекты, в том числе многочисленные оленные камни, демонстрируют разнообразный и существенный срез представлений древних кочевых социумов, являясь маркерами, демонстрирующими различные отношения к предкам (Членова 1984; Тиваненко 1995; Цыбиктаров 1995; Савинов 2002; Turbat et al. 2011 и др.).

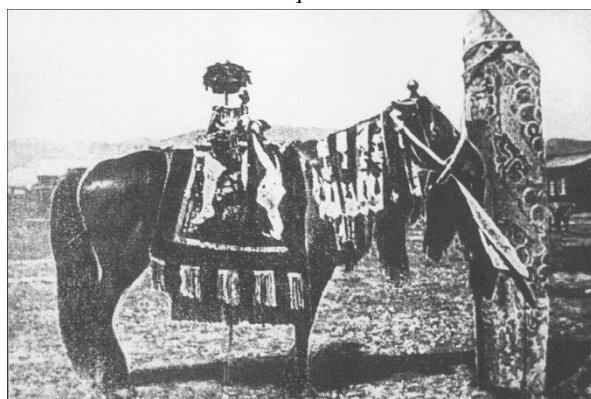
Тамчинский олений камень был известен по архивным фотографиям в начале XX в. и стоял на площадке перед входом в главный храм Тамчинского дацана (Сокшин, Цогчен; Селенгинский район Республики Бурятия) (рис. 1, 1). Тамчинский (Гусиноозерский) дацан был основан в 1741 г., при этом история перемещения оленного камня на территорию дацана основана на сведениях о том, что ламы специально выезжали в Монголию, чтобы привезти и установить на территории Тамчинского дацана «золотую коновязь», выбирая для этого подходящий камень из древних захоронений (Сокровища культуры Бурятии: 278). Камень играл роль космического центра в ритуальном пространстве празднования мистерии Цам и служил своеобразной коновязью (Алтан-сэргэ) для священной лошади (или лошадей), прибывающей на мистерию небесных божеств, бурханов, что предшествовало началу мистерии (рис. 1, 2) (Тамчинский дацан 2015).

Стела исчезла после разрушения дацана в начале 1930-х гг., но осенью 1987 г. была обнаружена местными школьниками в расколотом виде в фундаменте здания, построенного в 1934 г. на территории дацана.

Реставрация камня, разбитого на 12 кусков и имеющего многочисленные утраты, выполнялась специалистами Государственного Эрмитажа, реставраторами высшей категории М.Н. Лебедь и В.Г. Сориним (Лбова 1988; Кухарев, Именохоев 1995; Дашилхамаев 2012; Тамчинский дацан 2015: 196) (рис. 1, 3). После проведения работ камень был установлен на прежнем месте в 1990 г. (рис. 1, 4).



1



2



3



4

Рис. 1. Тамчинский оленный камень: 1 – Гусиноозерский дацан, фото Р.Ю. Зонненбурга, нач. XX в. (фотоателье Г.Г. Гренберга, г. Иркутск). Фонды Национального музея Республики Бурятия (инв. № «МИБ ОФ-17945-1»); 2 – лошади у коновязи (Алтан-сэргэ) для защитника веры Жамсаран перед началом Цама Докшитов (по: (Тамчинский дацан 2015: 146)); 3 – Тамчинский оленный камень до начала реставрации (фото 1987 г.); 4 – общий вид на оленный камень с юго-востока (фото 2018 г.)

Методы исследования

Документирование любого археологического объекта имеет первостепенное значение для последующего исследовательского процесса. В конце XIX в. копии изображений на камнях / вертикальных стелах впервые удалось получить В.В. Радлову и А.В. Адрианову с применением для копирования тонкой белой ткани (коленкор или миткаль) (Миклашевич 2011: 218). В 1970–1980-е гг. для получения эстампажей исследователи использовали разную по плотности бумагу, но после разработанной В.Ф. Капелько методики стало активно употребляться микалентное полотно, выполнение эстампажей на котором требовало определенных знаний и навыков (Тишкин, 2013а). Эта методика документирования не лишена недостатков и является предметом дискуссии относительно ее точности.

Одним из авторов статьи в 1988 г. были сделаны эстампажи на микалент с Тамчинского камня. Оригиналы в настоящее время утрачены вместе с архивом «Бурятпроектреставрации». Сохранились прорисовки в уменьшенном виде, которые позволяют оценить точность этой техники копирования в сравнении с современными цифровыми методами (рис. 2).



Рис. 2. Уменьшенная копия эстампажа оленного камня 1988 г.
(по: (Лбова 1988: рис. 49))

На сегодняшний день можно констатировать достаточную развитость и доступность цифровых способов фиксации объектов историко-культурного наследия, в том числе техники построения трехмерных моделей объектов. В 2000-х гг. трехмерное моделирование было успешно апробировано на археологических объектах, где первостепенное значение имеет неглубокий рельеф – наскальные рисунки (Черемисин и др. 2016, 2017; Зоткина и др. 2018 и др.). Трехмерное моделирование позволяет более точно зафиксировать изменения поверхности и на основе цифровых моделей выявить участки искусственно модифицированной плоскости, более точно определять границы изображений и их деформации (Robert et al. 2016; Monna et al 2018).

Использование трехмерного способа фиксации наскальных изображений позволяет сохранить больше информации об объекте, так как включает в себя данные о третьем измерении – рельефе поверхности. На основе 3D-модели возможно автоматическое построение двумерной проекции плоскости с рисунками, лишенной геометрических искажений, – ортофотографии. Таким образом, ортофотография как двумерная форма фиксации объектов наскального искусства более предпочтительна, чем обычная фотография.

Работа с оригинальной цифровой трехмерной моделью, в отличие от традиционных двумерных изображений, требует специального программного обеспечения, но при этом предоставляет более широкие возможности. Так, используя программное освещение поверхности трехмерной модели объекта, можно имитировать эффективный боковой подсвет для теневого усиления видимости рисунка. Такая практика избавляет от необходимости фиксировать объект строго в рассветные или закатные часы, что повышает эффективность полевых работ по документации памятников наскального искусства.

На протяжении последних нескольких лет в археологии активно исследовались возможности цифровой фиксации древних рисунков и надписей на основе их рельефа. В статье (Mara, Kromker 2013) описана математическая модель автоматического выделения ассирийской клинописи на основе алгоритма фильтрации по интегральному инварианту (Integral Invariant Filtering (Manay et al. 2006)). В (Díaz-Guardamino et al., 2015) продемонстрированы возможности многоугольной теневой съемки (Reflectance Transformation Imaging (Earl et al. 2010)) для улучшения видимости микрорельефа рисунков и надписей на каменных поверхностях. В 2016 г. в статье (Carrero-Pazos et al. 2016) для этих же задач был предложен метод комбинации фильтров «Accessibility shading» (Miller 1994) и «trend removal» (Štular et al. 2012), показавший хорошие результаты в сравнении с традиционным фильтром «Radiance Scaling» (Vergne et al. 2010). Использование метода «Radiance Scaling» для выделения римской эпиграфики описано в (Carrero-Pazos, Espinosa 2018).

В недавних исследованиях (Monna et al. 2018) предложен очередной шаг в направлении автоматизации процесса фиксации изображений на стенах. Авторы предлагают методику выполнения прорисовки изображений на оленных камнях в графическом редакторе, которая основана на предварительном цифровом выделении рисунка с помощью топографических и графических алгоритмов. Результат такой прорисовки сравним по качеству с прорисовками, выполненными традиционными методами вручную, но, в отличие от них, не инвазивен и лишен геометрических искажений.

Предложенная методика заключается в последовательном выполнении ряда операций. Вначале требуется получить трехмерную модель объекта с помощью SfM-фотограмметрии на основе серии фотографий, выполненных в поле. SfM (Structure-from-Motion) фотограмметрия – метод получения трехмерной модели на основе набора перекрывающихся фотографий с разного положения фотокамеры относительно объекта (Jebara et al. 1999). Далее по имеющейся трехмерной модели необходимо сгенерировать ортофотографии и построить DEM-модели плоскостей с рисунками. DEM (Digital Elevation Model) – цифровая модель рельефа, т.е. карта высот ландшафта. Такие модели широко используются в топографии. В данном случае оказалось, что они могут быть эффективно использованы и для работы с объектами совершенно другого рода – наскальными рисунками (Monna et al. 2018). Третьим шагом необходимо применить к DEM-моделям плоскостей с рисунками топографический фильтр Positive Openness, разработанный для геоморфологических исследований – выделения на поверхности рельефа пиков, впадин, гребней, возвышенностей и т.п. (Yokoyama 2002). На четвертом этапе к полученным растровым изображениям с выделенным рельефом применяется графический фильтр Canny Edge Detection. Этот фильтр используется для построения граней деталей изображения на основе анализа резких изменений уровней серого (Davies 2012; Canny 1986). На заключительном этапе производится ручная черно-белая доработка получившегося изображения в графическом редакторе. Для окончательной прорисовки специалисту требуется дорисовать незаконченные границы рисунков, а лишние грани удалить. После этого замкнутые фигуры заполняются сплошной черной заливкой.

Работы по фиксации Тамчинского оленного камня производились в близком соответствии с предложенной методикой. Фотосъемка объекта велась с помощью цифровой зеркальной фотокамеры Canon 600D с объективом Canon EF-S 18-135mm f/3.5-5.6. В соответствии с алгоритмом была построена трехмерная модель оленного камня, ортофотографии и DEM-модели плоскостей. Эти модели обрабатывались топографическими и графическими фильтрами, после чего использовались для ручной прорисовки изображений.

Материалы и их обсуждение

О Тамчинском оленнем камне упоминает известный исследователь Азии Г.Н. Потанин. В протоколе заседания Отделения этнографии от 31 января 1889 г. в XX томе «Известий ВСОРГО» приводятся сведения: «В заключеніи Г.Н. Потанинъ сообщилъ о каменномъ памятникѣ, найденномъ имъ въ Гусино-озерскомъ дацанѣ. Этотъ камень съ фигурнымъ изображеніемъ. Подобные камни (каменные бабы) носятъ монгольское названіе *кешо-чило* и татарское *сынъ-тасъ*; послѣднее значить олень-камень. Дѣйствительно на нѣкоторыхъ изъ этихъ камней находятся изображенія изюбря. Г. Потанинъ указалъ четыре такихъ камня: 1) на Орхонѣ, 2) близъ Верхнеудинска, снятый Давыдовымъ, 3) въ долину р. Читыкъ (системъ р. Тельгирь-морина) и 4) близъ Гусино-озерскаго дацана» (Потанин 1889: 77).

В 1928 г. П.П. Хороших во время посещения Гусиноозерского дацана исследовал оленный камень на его территории. Известна краткая заметка с прорисовкой одной грани, в которой автор констатировал факт применения камня в качестве коновязи для «священной» лошади (Диу), участвовавшей в религиозном празднике «Цам-Хурал». Оленный камень был датирован им в пределах VIII–II вв. до н.э. (Хороших 1962: 291). Более подробное представление об объекте можно получить из описания памятника, сделанного Н.В. Именохоевым и В.В. Кухаревым.

Оленный камень изготовлен из цельного куска камня серо-коричневого цвета, относящегося к литокристаллическим туфам дацитовых пород с мелкой структурой. Ориентирован по сторонам света (ориентация по факту на начало XX века) (*прим. Л. Лбовой*). По своей форме камень представляет кососрезанную к одному краю брусовидную, уплощенную стелу, прямоугольную в сечении в верхней части и подквадратную в нижней. Общая длина объекта 2,69 м (по длинному краю), подземная часть стелы составляла 65 см, наземная – около 2 м; ширина сторон – от 37 до 10–25 см (Лбова 1988).

На трех плоскостях камня имеются изображения (таблица). Две широкие стороны полностью заполнены стилизованными изображениями оленей, торцевые плоскости подвергнуты обработке частично. На южной плоскости изображения утрачены, что зафиксировано на фотографии начала XX в. (рис. 1, 1). Следует отметить, что при описании объекта в опубликованном варианте впервые уделено внимание такой технике исполнения, как гравировка (гравюра) (Кухарев, Именохоев 1995: 118).

Трехмерная модель объекта была создана на основе 23 фотографий общего плана, сделанных с разных ракурсов вокруг объекта. В результате обработки получено плотное облако из 2,8 млн точек, на основе которого были сгенерированы карты высот и ортофотографии каждой из плоскостей.

Полевое описание плоскостей Тамчинского оленного камня

Название памятника		Олений камень из комплекса Тамчинского дацана
№ по Госреестру		031510255810006
Географическое местоположение		Республика Бурятия, Селенгинский район, с. Гусино Озеро, ул. Бестужева, участок 33А
Топография памятника		N51°07'15.43; E106°15'56.40
Описание (памятник / композиция / рисунок)		Полевое описание, октябрь 2018 г.
ОК-1	ОК-1-1-1	Первая (южная) плоскость: длина стелы равна 269 см, ширина наверху – 25 см, расширяется книзу до 36 см. Изображенная композиция повреждена в средней и нижней частях плоскости. Сохранился лишь небольшой фрагмент. На расстоянии 8,5–10 см от верхнего конца стелы изображены две плавно выгнутые вниз, одна над другой, дугообразные полосы. Толщина полос 2–3 см, расстояние между ними 11,5 см
	ОК-1-1-2	Нижне полос – изображение головы оленя с передними и, частично, задними рогами. Голова оленя с клювообразной мордой направлена вертикально вверх. Неглубокой гравировкой проработаны часть тела с неестественно вытянутой шеей и подогнутой короткой передней ногой. Отмечены преувеличенное длинное листовидное ухо, раскрытый и закругленный на концах клюв, лоб выполнен под прямым углом. Глаза четырехугольной формы выполнены контррельефом, округлый зрачок – гравировкой. Глубоко, до 2–4 см, проработан завиток заднего рога
ОК-2		Вторая (западная) плоскость: ширина в верхней части равна 37 см, в нижней – 31 см. На широкой плоскости выбиты три летящих оленя. Сохранность композиции хорошая. В верхней и центральной частях продольное изображение двух больших оленей, расположенных друг над другом по диагонали с вытянутыми вверх головами. Третий олень, меньших размеров, размещен на плоскости вдоль правого края грани головы вниз. Композиция завершается изображением в верхнем правом углу круга диаметром 10 см с подвеской в нижней части, направленной под наклоном налево вниз, утолщенной в средней части и раздвоенной на конце. Образовавшиеся пустоты на плоскости заполнены: под головой и шеей первого оленя – декоративным узором, зеркально повторяющим задние рога, выполненным неглубокой выбивкой; под передним рогом – изображение, боевого топора (?) с выступающим обушком и изогнутым топорischem. Незначительная часть изображения находится за пределами левого края грани
	ОК-2-1-1	Первый олень имеет удлиненное тело с несколько утолщенной и вытянутой шеей, отделенной от туловища острым треугольным выступом, условно изображающим характерный горб над лопатками. Ниже лопаток расположен второй горб. У оленя подпрямоугольный лоб, голова с узкой и длинной, раздвоенной по всей длине клю-

Название памятника		Олений камень из комплекса Тамчинского дацана
		вообразной мордой и шестиугольным глазом с пятиугольным зрачком, узкое листовидное, вытянутое в тонкую линию ухо, округлый зад с коротким изогнутым хвостом. Короткая передняя нога направлена вверх, задняя вытянута назад, вниз. У зверя два ответвления рогов, передний и задний. Вертикальный передний рог имеет три горизонтальных направленных вперед отростка – «бивня», причем нижний отросток раздвоен, а верхний – серповидный. Задний рог с пятью серповидными завитками, самый мощный из всех изображенных на камне, тянется вдоль туловища и доходит до конца спины. Острому выступу на спине животного соответствуют изгибы рога, подчеркивающие очертания тела оленя
	ОК-2-1-2	Изображение повреждено: утрачена часть туловища и передняя нога. Под туловищем первого животного нанесено изображение грациозно изогнутого оленя, самого большого из всех на стеле. Силуэт «гиганта» практически аналогичен первому оленю. Исключение составляют рога: передний рог – с одним дугообразно изогнутым тонким отростком – «бивнем», задний рог – с шестью серповидными завитками, повторяющий линию туловища и грациозно изогнутой шеи животного. У оленя один треугольный выступ – горб в области лопаток, длинная, вытянутая вниз задняя нога с реалистично изображенным округлым задом с небольшим хвостиком и выпуклым бедром. Контур глаза пятиугольный, с шестиугольным зрачком. Ухо листовидное
	ОК-2-1-3	Фигура оленя частично повреждена: утрачены передняя нога, части клювообразной морды, туловища и задней ноги. Третий олень во всем повторяет предыдущих, за исключением расположения рогов. Передний и задний рога также ветвисты, но с более широкими волнистыми завитками. От мощного переднего рога, концы которого изображены в виде двух завитков, вниз вперед идут два слегка изогнутых отростка. Задний рог с 4 завитками занимает пространство под и над бедром второго оленя. Глаз вытянутый, с четырехугольным зрачком, уплощенный остроугольный лоб и длинное листовидное ухо
	ОК-2-1-4	В верхнем правом углу стелы изображен круг (соляренный знак, серьга?) диаметром 10 см, с подвеской в нижней части, направленной под наклоном налево вниз, утолщенной в средней части и раздвоенной на конце
ОК-3		Третья (северная) плоскость: высота – 230 см, ширина наверху равна 10 см, книзу увеличивается до 29 см. Композиция не сохранилась
ОК-4		Четвертая (восточная) плоскость: ширина в верхней части равна 37 см, в нижней – 24 см. На широкой плоскости, выбиты четыре летящих в галопе оленя. Сохранность композиции хорошая
	ОК-4-1-1	Верхнее угловое пространство грани заполняет изящно изогнутое изображение небольшого по размерам оленя, развернутого слева направо. На голове два рога: перед-

Название памятника		Олений камень из комплекса Тамчинского дацана
		ний – небольшой, 8 см в длину, с двумя выступающими вперед «бивнями», и задний – идущий над спиной, мощный, с 6 завитками. Тело животного изогнуто, с треугольным горбом. Олень имеет короткое узкое ухо, четырехугольный глаз с треугольным значком, тонкие длинные ноги. Передняя нога вытянута вперед, задняя слегка подогнута и опущена вниз
	ОК-4-1-2	Два оленя изображены по диагонали плоскости, головами вверх, у левого края грани, параллельно друг другу. Верхний олень с двумя ветвистыми и волнообразно изогнутыми рогами. Один рог с 6 завитками круто поднимается над головой и телом животного. У основания рога наклонно вперед выступает слегка изогнутый длинный передний «бивень». Второй рог с 5 завитками расположен под первым и доходит до конца спины, длиной до 45 см. На спине два подтреугольных выступа – «горбы». Передние ноги не видны, задние – длиной до 13 см
	ОК-4-1-3	Третий олень во всем повторяет вышеописанного, за исключением деталей. Животное имеет лишь один рог, но такой же ветвистый и мощный, с 5 завитками, в длину до 40 см. Один завиток направлен в противоположную сторону, навстречу общему наклону волнообразных отростков. У основания рога два выступающих вперед сильно изогнутых «бивня». На спине изображены три выступа: в области лопаток с двумя шипами и два подтреугольных на крупе. Передняя нога в виде небольшого выступа, задняя – с округлым бедром, вытянута вниз, живот поджат. Четырехугольный, с круглым значком глаз. Изображение частично повреждено
	ОК-4-1-4	Самый нижний олень помещен вдоль левой стороны грани, головой вниз. Силуэт этого животного вытянут, тело изящно изогнуто. У него заостренный хвост, поджатая под тело задняя нога, два сглаженных подтреугольных выступа в области лопаток и крупа. Глаз округлый, зрачок не выражен. Рога такие же, как и у второго оленя, как бы развернуты на всей плоскости грани, заполняя все пустое пространство. Передний рог круто поднимается вверх, под ним второй «стелется» 5 завитками над спиной. У основания первого рога изогнутые вперед «бивни». Оставшееся сбоку перед вторым оленем свободное пространство заполнено декоративным орнаментом в виде цепочки волнообразных завитков рога. Нижняя часть всех граней неровная и не отшлифована

Для этого потребовалось переориентировать объект нужной плоскостью вверх. В результате были получены изображение, DEM модель (853×2493, 1,6 мм/пикс) и ортофотография (835×4461, 0,8 мм/пикс) плоскости ОК-4 и изображение, DEM модель (768×2471, 1,6 мм/пикс) и ортофотография (835×4453, 0,8 мм/пикс) плоскости ОК-2. К DEM моделям были применены программные фильтры Positive Openness, SLRM

(Simple Local Relief Model), Slope gradient и другие с помощью ПО Relief Visualization Toolbox (Kokalj et al 2011).

Наиболее выразительный рисунок был получен с помощью SLRM фильтра (рис. 3, 2; 4, 2), но при этом были потеряны некоторые детали. Наибольшая сохранность деталей была получена на оригинальной ортофотографии и на изображении, созданном с помощью Positive Openness фильтра.

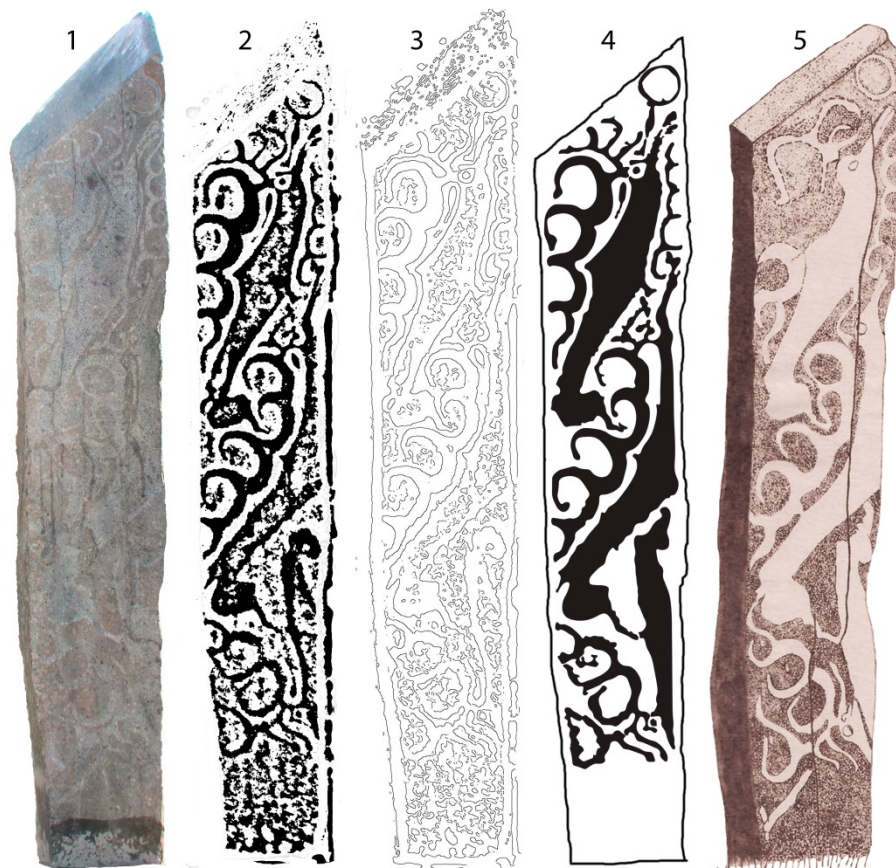


Рис. 3. Плоскость ОК-2: 1 – ортофотография; 2 – обработка DEM-модели плоскости фильтром SLRM; 3 – обработка DEM-модели плоскости фильтром SLRM и затем Canny Edges Detection; 4 – прорисовка, выполненная в графическом редакторе; 5 – ручная прорисовка с эстампажа 1988 г.

Для первичной автоматической прорисовки границ был применен Canny Edge Detection фильтр, который дал наилучший результат при использовании на SLRM изображении фильтра (рис. 3, 3; 4, 3). Ручная прорисовка осуществлялась при помощи графического пакета Adobe Illustrator, где в качестве вспомогательных слоев-подложек использова-

лись слои Positive Openness, Canny Edges Detection и SLRM. Предварительно слои были выровнены по масштабу в Adobe Photoshop. На четвертом слое в Adobe Illustrator обрисовывалось векторное изображение (с уменьшенной непрозрачностью для упрощения работы с вогнутыми элементами) с помощью инструмента «кривизна»: по контуру изображения располагались точки кривизны или угловые точки. После замыкания фигуры происходила ее автоматическая заливка фильтра (рис. 3, 4; 4, 4).

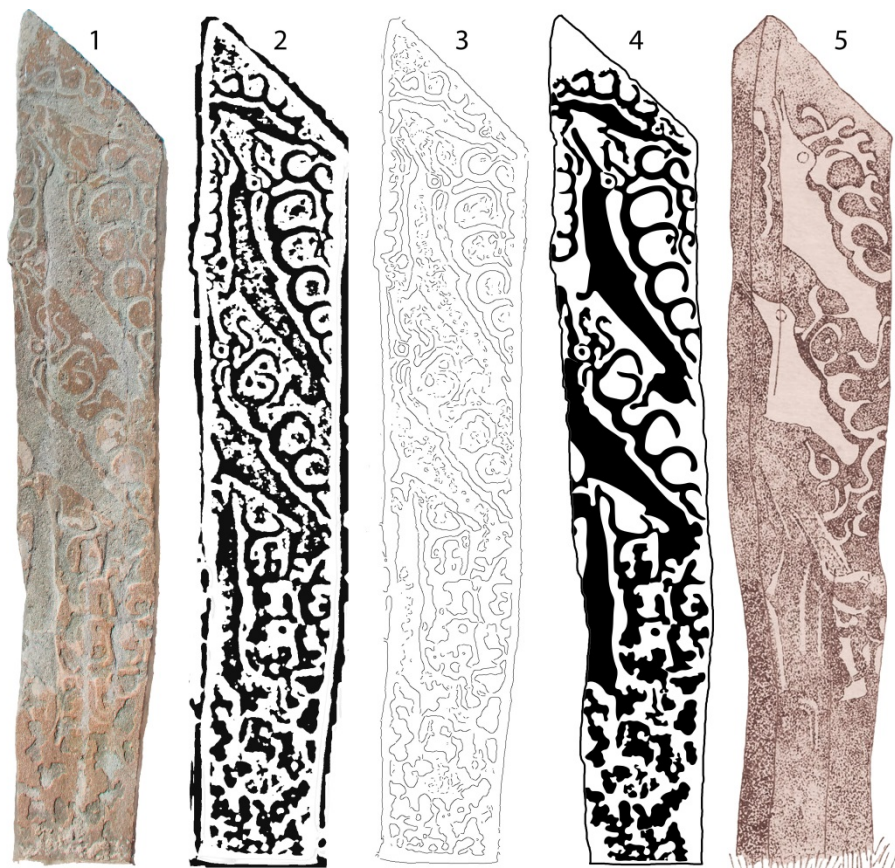


Рис. 4. Плоскость ОК-4: 1 – ортофотография; 2 – обработка DEM-модели плоскости фильтром SLRM; 3 – обработка DEM-модели плоскости фильтром SLRM и затем Canny Edges Detection; 4 – прорисовка, выполненная в графическом редакторе; 5 – ручная прорисовка с эстампажа 1988 г.

Плоскость ОК-1 показала плохую обрабатываемость автоматическими алгоритмами и фильтрами, основанными на рельефе. Цифровая прорисовка была выполнена на основе ортофотографии, где рисунок отличается от основного цветового фона (рис. 5, 1, 2).

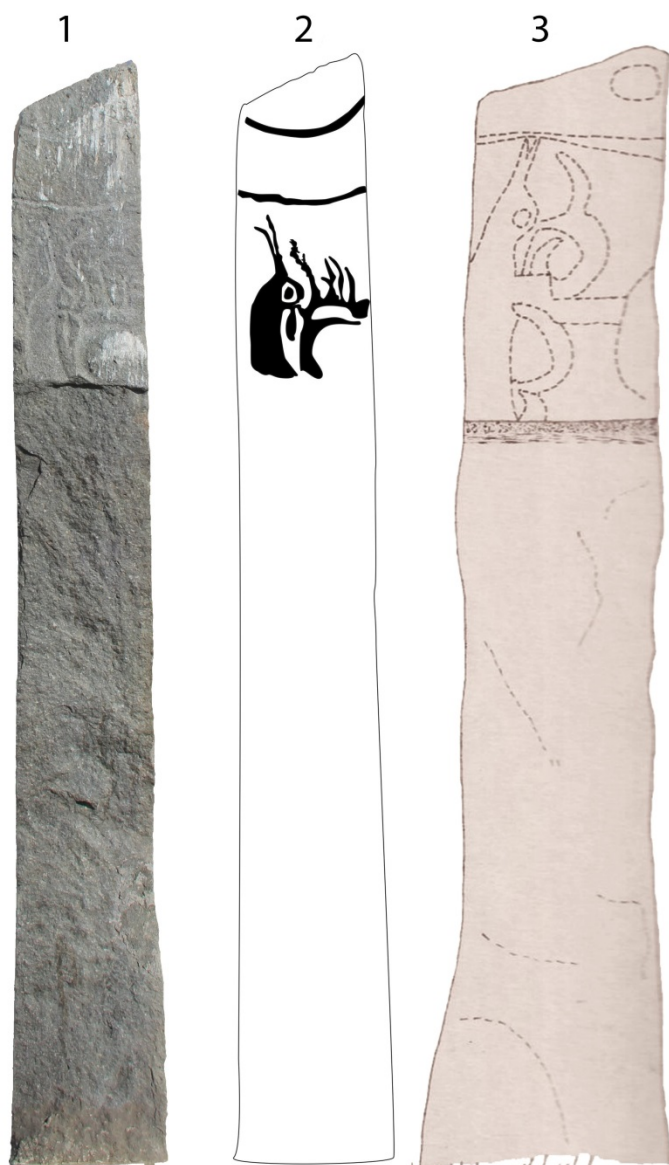


Рис. 5. Плоскость ОК-1: 1 – ортофотография; 2 – прорисовка, выполненная в графическом редакторе по ортофотографии; 3 – ручная прорисовка с эстампажа 1988 г.

Для некоторых деталей изображения в целях определения техники нанесения рисунка была выполнена макросъемка. Съемка производилась с помощью цифровой зеркальной фотокамеры Canon 600D с объективом Canon EF-S 60mm f/2.8 Macro USM в формате RAW, позволяющем получить полную исходную информацию с матрицы фотокамеры.

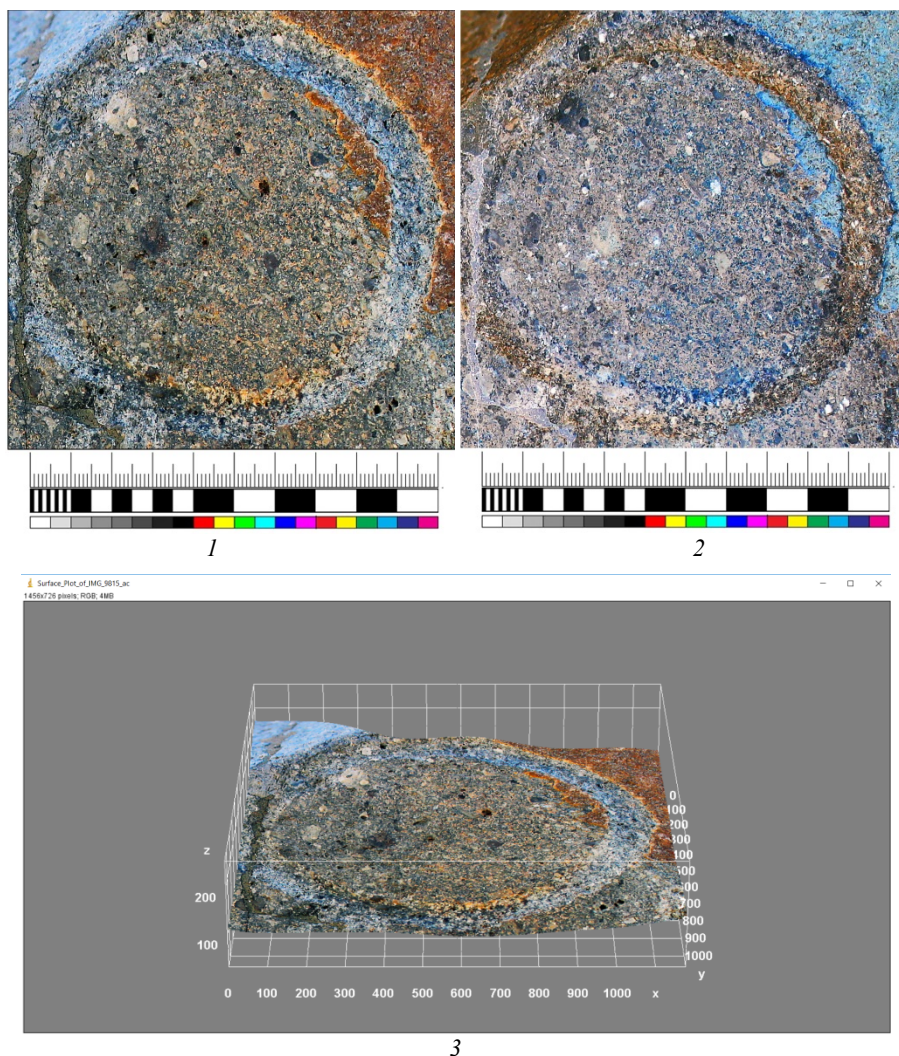


Рис. 6. Фрагмент композиции (индекс ОК-2-1-4) с последующей обработкой:
1 – макросъемка кольца с подвеской; 2 – обработка фото в приложении Photoshop.
Инверсия цвета; 3 – профиль кольца с подвеской в приложении ImageJ
с плагином 3D Surface Plot

Фотоснимок был обработан в графических редакторах Adobe Photoshop, Adobe Camera Raw, Adobe Lightroom, в которых были настроены баланс белого, яркость, контраст, масштабирована необходимая область изображения (рис. 6, 1). С помощью этих же графических редакторов были исправлены переэкспонированные участки и провалы в тенях. Для достижения большего видимого контраста изображения в программе Adobe Photoshop была применена операция инверсия цвета (in-

vert) (рис. 6, 2). Обработанная фотография дополнительно визуализировалась в виде псевдо-3D в программе ImageJ с использованием плагина 3D Surface Plot (рис. 6, 3).

Макросъемка с различными использованными техниками визуализации поверхности, включая увеличение контрастности, инверсию цвета и псевдо-3D, позволила определить некоторые технологические особенности изготовления рисунка на примере изображения круга (индекс ОК-2-1-4) на западной плоскости в верхнем правом углу. Солярный знак, или серьга, диаметром 10 см, с предполагаемой подвеской в нижней части выполнен острым (металлическим) предметом, о чем свидетельствует край выбивки – ровный, правильный, без заусениц (рис. 6, 1, 2), что подтверждает трасологический опыт (Гиря, Дэвлет 2010). Полученные данные макросъемки плоскостей стелы могут быть использованы при дальнейших трасологических исследованиях следов обработки поверхностей камня.

Для фрагмента плоскости ОК-4 была построена тепловая карта высот на основе трехмерной модели плоскости, полученной методом фотограмметрии. Фотосъемка плоскости производилась с помощью цифровой зеркальной фотокамеры Canon 600D с объективом Canon EF-S 60mm f/2.8 Macro USM. 3D-модель с разрешением ~8 млн точек была создана в приложении Agisoft Photoscan. Из всей плоскости был взят отдельный участок 40 × 30 см (рис. 7) с разрешением 3,2 млн точек на этом участке 3D-модели.

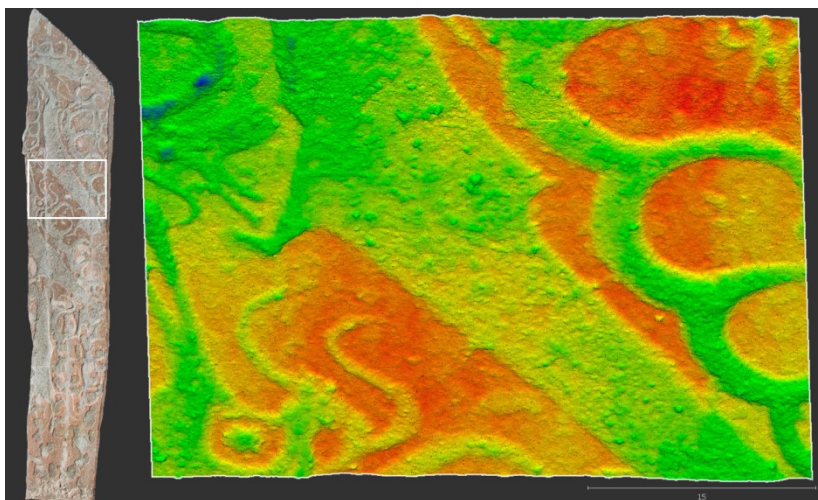


Рис. 7. Тепловая карта глубин фрагмента плоскости ОК-4, полученная на основе 3D-модели из макроснимков

Чтобы получить тепловую карту высот микрорельефа, потребовалось построить плоскость XY, максимально точно выровнять участок

3D-модели относительно плоскости и затем произвести «анализ отклонений» относительно этой плоскости при помощи соответствующего инструмента в ПО Geomagic Studio. На полученной тепловой карте видны перепады высот микрорельефа от 5 (красный цвет) до –5 мм (синий цвет). Кроме того, хорошо фиксируются регулярные косые следы при обработке рельефа округлых линий, которые, вероятно, остались от использования металлического гравировального инструмента.

Дискуссия

Опубликованные мнения о возрасте Тамчинского оленного камня опираются на стилистический анализ и распространенную парадигму понимания феномена оленных камней в кочевых культурах Евразии. Впервые мнение о возрасте объекта было высказано П.П. Хороших, который предполагал возраст в пределах VIII–II вв. до н. э. (Хороших 1962: 291). Опираясь на анализ сюжета, элементов декора, изобразительные приемы, технику исполнения, бурятскими исследователями был предложен возраст объекта в пределах XI–VIII вв. до н. э. (Кухарев, Именохоев 1995: 118).

В литературе 1980-х гг. сформировалось мнение о том, что в Забайкалье и Монголии оленные камни монголо-забайкальского типа относились к культуре плиточных могил. Однако в последующие годы исследования Ю.С. Худякова, Э.А. Новгородовой, Д.Г. Савинова и А.Д. Цыбиктарова и других изваяния этого типа были связаны с культурой керексуров (Худяков 1987; Цыбиктаров 2016 и др.). С западно-монгольской традицией связаны в большинстве оленные камни «евразийского» типа, а с центрально-монгольской – «монголо-забайкальского», обе традиции бытовали на соседних территориях параллельно с X по VII в. до н.э. (Ковалев, Эрдэнэбаатар 2007: 105).

Радиоуглеродный анализ костей животных из жертвенников, связанных с оленными камнями, позволяет датировать эти сооружения и стелы XIII–VIII вв. до н.э., при этом отмечается и факт трансформации композиции на оленных камнях монголо-забайкальского типа от более реалистичной с изображением пояса и оружия к более условной и декоративной. Наступление нового этапа в культуре местного населения демонстрирует переиспользование разбитых стел в качестве строительного материала в конструкции плиточных могил (Тишкин 2013б; Есин и др. 2017).

В целом на основании типологического и стилистического анализа объект отнесен к классическим оленным камням «монголо-забайкальского типа», имеющим распространение в XIII–VII вв. до н.э. на территории степного Забайкалья и Монголии (Волков 1981; 2002; Савинов 1994; Цыбиктаров 2000).

Преимущество апробированных цифровых методик по отношению к другим способам фиксации изображений, описанным выше, вполне очевидно. Сравнительный анализ уменьшенных оттисков эстампажей 1988 г. (см. рис. 3, 5; 4, 5) и полученных изображений (рис. 3, 4; 4, 4) позволяет говорить о более точной передаче формы самой стелы, технике нанесения изображений, размеров и целостной объемной картины камнерезного произведения. Например, на плоскости ОК-2 полуавтоматическим способом было отчетливо воспроизведено 4 оленя. На прорисовках с эстампажей 1988 г. было передано только 2 изображения оленей той же плоскости (хотя в описании в той же публикации представлены все четыре). С другой стороны, на той же плоскости с помощью цифрового подхода не был воспроизведен топор, предположительно представленный в левом нижнем углу. Скорее всего, это связано с крайне малой глубиной его рельефа.

Таким образом, можно сформулировать и ключевые недостатки цифрового подхода выделения изображения по рельефу. Во-первых, это невосприимчивость к нерельефным поверхностным деталям. Частично нивелировать этот недостаток можно сравнением прорисовки с исходной ортофотографией и последующей ручной доработкой прорисовки поверх ортофотографии в графическом редакторе. Вторая проблема, наоборот, связана с ложноположительным срабатыванием алгоритма на естественных деталях рельефа или приобретенных дефектах трехмерной модели. В этом случае имеет значение качество построенной 3D-модели.

Ранее предполагалось, что изображения на камне получены с помощью трех техник: гравировки как начального этапа разметки изображения, выбивки и протирания плоскостей крупных фигур (Лбова 1988). После обработки специализированным программным обеспечением (Adobe Photoshop, Illustrator, ImageJ) можно более уверенно говорить о применении техники пикетажа (выбивки) при создании рельефа изображения, на что указывает фактура нанесенного рисунка в области тела большого оленя плоскости ОК-2, различимая на изображениях, обработанных фильтрами SLRM, Positive Openness, Canny Edge Detection (см. рис. 3, 4, 6). Это также подтверждается анализом тепловой карты глубины, полученной на основе 3D-модели из макроснимков. Поверхность камня, не тронутая обработкой, выглядит идеально ровной, что указывает на предварительное выравнивание, шлифовку поверхности (см. рис. 7).

Таким образом, можно предположить, что изображения предварительно были выполнены первоначальной неглубокой гравировкой или иным способом разметки на подготовленной ровной, возможно, отшлифованной поверхности с последующим углублением рельефа пикетажом металлическим инструментом.

Заключение

Создание трехмерных моделей археологических объектов в последнее время становится неотъемлемой частью документирования для последующего изучения, интерпретации, мониторинга и реставрации объектов. Документирование археологических объектов, таких как петроглифы, мегалитические объекты с изображениями, стелы и другие, при помощи традиционных техник (микалентное копирование, прорисовка на прозрачную пленку, фотофиксация) не во всех случаях позволяет точно отразить детали изображений, обусловленные естественным рельефом (Гиря, Дэвлет 2010; Robert et al. 2016 и др.). Развитие методов трехмерной визуализации предполагает отношение к такому способу представления объекта не только как к иллюстративному, но и как к способу высокоточного документирования поверхностей. Обзор возможностей использования трехмерной визуализации как инструмента для проведения аналитических процедур при исследованиях археологических объектов (как портативных, так и монументальных) показывает, что 3D-моделирование становится одним из ключевых способов документирования, позволяющего ускорить и упростить процесс, повысить точность и качество проводимых исследований (Вавулин и др. 2014; Черемисин и др. 2016; Зоткина и др. 2018 и др.).

Применение методов трехмерной визуализации как средства получения более объективных сведений и свойств о форме, технологиях, рельефе объектов при условии использования специального программного обеспечения позволяет изучать некоторые свойства предмета, недоступные при визуальном анализе.

Показано, что в дополнение к традиционной двухмерной археологической документации полученные трехмерные модели могут быть использованы для измерения расстояний и более сложного морфометрического анализа, в том числе в трасологии. 3D-модели предоставляют информацию для мониторинга, исследований процессов деградации и могут быть предоставлены общественности в интернете и распечатаны или интегрированы в виртуальные 3D-сценарии.

Узким местом в документировании наскального искусства является работа в поле как деятельность, наиболее ограниченная во временных, человеческих, материальных ресурсах, а также зависимая от погодных условий и других факторов. Использование предложенной методики показывает, что даже при низком качестве съемки удастся получить достаточно точную цифровую модель, позволяет минимизировать работы, проводимые в поле, перекладывая основную работу по прорисовке петроглифов в камеральные условия с помощью цифровых технологий (см. рис. 3–5). При этом, как видно, результаты, полученные новым способом, превосходят метод ручной прорисовки.

Предложенная технология значительно ускоряет рабочий процесс по сравнению с традиционной техникой копирования, сокращает требуемый уровень знаний и предоставляет 3D-модели, которыми можно поделиться при работе в удаленном доступе или провести дальнейший анализ, например, морфометрическими методами. Изложенная совокупность методик и приемов обеспечивает построение точной модели при разном качестве съемки, данные которой способны захватывать большинство мельчайших деталей в трехмерной геометрии поверхностей горных пород. Применение специального программного обеспечения позволяет распознавать грани поверхностей трехмерных моделей и маркировать их. Результаты могут применяться в самых разных направлениях археологических исследований.

Исчерпывающий стек материалов исследования, включая первичную фотофиксацию, файлы трехмерной модели, изображения, обработанные описанными в статье графическими и топографическими фильтрами, опубликованы в файловом архиве с открытым доступом в репозитории figshare.com с DOI:10.6084/m9.figshare.7807217

Благодарности

Авторы выражают благодарность Т.Е. Ростяженко, К.Б. Жумадилову (Новосибирский государственный университет) и Р.А. Власюку за выполнение прорисовок плоскостей оленного камня в графических редакторах.

Литература

- Вавулин М.В., Зайцева О.В., Пушкарев А.А. Методика и практика 3D-сканирования разнотипных археологических артефактов // Сибирские исторические исследования. 2014. № 4. С. 21–37.
- Волков В.В. Оленные камни Монголии. Улан-Батор: Изд-во АН МНР, 1981.
- Волков В.В. Оленные камни Монголии. М.: Науч. мир, 2002.
- Гиря Е.Ю., Дэвлет Е.Г. Некоторые результаты разработки методики изучения техники выполнения петроглифов пикетажем // Уральский исторический вестник. 2010. № 1 (26). С. 107–118.
- Грязнов М.П. О монументальном искусстве на заре скифо-сибирских культур в степной Азии // Археологический сборник Государственного Эрмитажа. Л.: Искусство, 1984. Вып. 25: Материалы и исследования по археологии СССР: Контакты и взаимодействие культур Евразии. С. 76–82.
- Дашилхамаев Д.М. Оленные и сторожевые камни Забайкалья // Гуманитарный вектор. 2012. № 2 (30). С. 60–68.
- Есин Ю.Н. Тайна богов древней степи. Абакан: Хакассский научно-исследовательский институт языка, литературы и истории, 2010.
- Есин Ю.Н., Магай Ж., Еруул-Эрдэнэ Ч., Гантулга Ж. О краске на оленных камнях Монголии // Археология, этнография и антропология Евразии. 2017. Т. 45(3). С. 79–89. DOI: 10.17746/1563-0102.2017.45.3.079-089
- Зоткина Л.В., Ковалев В.С., Шалагина А.В. Возможности и перспективы применения трехмерной визуализации как инструмента анализа в археологии // Научная визуализация. 2018. Т. 10, № 5. С. 172–190. DOI: 10.26583/sv.10.5.11

- Киуновская М.Е., Семенов В.А. Олений камень – изобразительная и мифологическая структура // Современные проблемы изучения петроглифов. Кемерово, 1993. С. 88–103.
- Ковалев А.А., Эрдэнэбаатар Д. Две традиции ритуального использования оленных камней Монголии // Каменная скульптура и мелкая пластика древних и средневековых народов Евразии. Барнаул: Азбука, 2007. С. 99–105.
- Кубарев В.Д. Древние изваяния Алтая (оленные камни). Новосибирск: Наука, 1979.
- Кухарев В.В., Именохоев Н.В. Олений камень из комплекса Тамчинского дацана // Культуры и памятники бронзового и раннего железного веков Забайкалья и Монголии: материалы междунар. науч. конф. Улан-Удэ, 1995. С. 112–118.
- Лбова Л.В. Отчет об археологическом обследовании исторических памятников Верхнеудинского острога и Гусиноозерского дацана (г. Улан-Удэ, Селенгинский район Республики Бурятия). Улан-Удэ, 1988 (Архив в ИА РАН, Ф-1, Р-1, №13063).
- Миклашевич Е.А. Изображения на курганных плитах и стелах Хакасии (некоторые проблемы изучения и музеефикации) // Древнее искусство в зеркале археологии. Кемерово: Кузбассвузиздат, 2011. Труды Сибирской Ассоциации исследователей первобытного искусства. Вып. VII. С. 214–232.
- Новгородова Э.А. Древняя Монголия. М.: Наука, 1989.
- Окладников А.П., Запорожская В.Д. Петроглифы Забайкалья. Л.: Наука, 1970. Ч. 2.
- Ольховский В.С. Оленные камни (к семантике образа) // Советская археология. 1989. № 1. С. 48–62.
- Потанин Г.Н. Известия ВСОРГО (протокол заседания отдела этнографии от 31 января 1889 г.). Т. XX, № 3. С. 77.
- Савинов Д.Г. Оленные камни в культуре кочевников Евразии. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 1994.
- Савинов Д.Г. Ранние кочевники Верхнего Енисея. Археологические культуры и культурогенез. СПб.: СПбГУ, 2002.
- Сокровища культуры Бурятии. СПб., 2002.
- Тамчинский дацан: фотоальбом / И.Г. Васильева, Е.П. Михалева. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2015.
- Тиваненко А.В. Оленные камни Забайкалья // Культуры и памятники бронзового и раннего железного веков Забайкалья и Монголии: материалы междунар. науч. конф. Улан-Удэ, 1995. С. 102–111.
- Тишкин А.А. Выявление, документирование и изучение «оленных» камней в долине Буянта (Монгольский Алтай) // Теория и практика археологических исследований. 2013а. № 1 (7). С. 73–90.
- Тишкин А.А. Оленные камни Центральной Азии и изображения на них: обзор существующих интерпретаций и новые открытия // Творчество в археологическом и этнографическом измерении. Омск: Наука, 2013б. С. 222–228.
- Хороших П.П. Олений камень из Забайкалья // Советская археология. 1962. № 3. С. 291–292.
- Худяков Ю.С. Херексуры и оленные камни // Археология, этнография и антропология Монголии. Новосибирск, 1987. С. 136–162.
- Цыбиктаров А.Д. Херексуры Бурятии, Северной и Центральной Монголии // Культуры и памятники бронзового и раннего железного веков Забайкалья и Монголии. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1995. С. 38–47.
- Цыбиктаров А.Д. Оленные камни монголо-зabayкальского типа как источники по изучению взаимоотношений древних скотоводов Центральной Азии эпохи поздней бронзы и раннего железа // Проблемы истории и культуры кочевых цивилизаций Центральной Азии: материалы междунар. науч. конф. Улан-Удэ, 2000. Т. 1. С. 98–102.
- Цыбиктаров А.Д. Оленные камни и культура плиточных могил // Древние культуры Монголии, Байкальской Сибири и Северного Китая: материалы VII междунар. науч. конф.: в 2 т. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. Т. 2. С. 294–301.

- Черемисин Д.В., Казаков В.В., Ковалев В.С., Жумадилов К.Б. 3D-моделирование наскальных рисунков Алтая с помощью трехмерного сканирования и фотограмметрии // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2016. Т. XXII. С. 466–469.
- Черемисин Д.В., Казаков В.В., Ковалев В.С., Жумадилов К.Б. Трехмерное сканирование наскальных рисунков Алтая в технике гравировки // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2017. Т. XXIII. С. 449–453.
- Членова Н.Л. Оленные камни как исторический источник (на примере оленных камней Северного Кавказа). Новосибирск: Наука, 1984.
- Чугунов К.В. Оленные камни и стелы в контексте элитных комплексов Саяно-Алтая // Каменная скульптура и мелкая пластика древних и средневековых народов Евразии. Барнаул, 2007. С. 109–113.
- Canny J. A computational approach to edge detection // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1986. № 8. P. 679–698.
- Carrero-Pazos M., Espinosa D. Tailoring 3D modelling techniques for epigraphic texts restitution. Case studies in deteriorated roman inscriptions // Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage. 2018. № 9. P. 1–12.
- Carrero-Pazos M., Vázquez-Martínez A., Vilas-Estévez B. AsTrend: towards a new method for the study of ancient carvings // Journal of Archaeological Science: Reports. 2016. № 9. P. 105–119.
- Davies E.R. Computer and machine vision: theory, algorithms, practicalities. (4th Ed), Academic Press, 2012.
- Díaz-Guardamino M., García Sanjuán L., Wheatley D., Rodríguez Zamora V. RTI and the study of engraved rock art: a re-examination of the Iberian south-western stelae of Setefilla and Almadén de la Plata 2 (Seville, Spain) // Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage. 2015. № 2. P. 41–45.
- Earl G.P., Martínez K., Malzbender T. Archaeological applications of polynomial texture mapping: analysis, conservation and representation // Journal of Archaeological Science. 2010. № 37. P. 2040–2050.
- Jebara T., Azarbayejani A., Pentland A. 3D structure from 2D motion // IEEE Signal Processing Magazine. 1999. № 16 (3). P. 66–84.
- Kokalj Ž., Zakšek K., Oštir K. Application of Sky-View Factor for the Visualization of Historic Landscape Features in Lidar-Derived Relief Models // Antiquity. 2011. № 85 (327). P. 263–273.
- Mara, H., Kromker, S. Vectorization of 3D-characters by integral invariant filtering of high-resolution triangular meshes // Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition. ICDAR, 2013.
- Manay S., Cremers D., Hong B.-W., Yezzi A.J., and Soatto S. Integral Invariants for Shape Matching // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2006. № 28(10). P. 1602–1616.
- Miller G.S.P. Efficient algorithms for local and global accessibility shading // Proceedings of the 21st Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. ACM, SIGGRAPH, 1994. P. 319–326.
- Monna F., Esin Yu., Magail J., Granjon L., Navarro N., Wilczek J., Saligny L., Couette S., Dumontet A., Chateau C. Documenting carved stones by 3D modelling – Example of Mongolian deer stones // Journal of Cultural Heritage. 2018. № 34. P. 116–128.
- Robert E., Petrognani S., Lesvignes E. Application of digital photography in the study of Paleolithic cave art // Journal of Archaeological Science: Reports. 2016. № 10. P. 847–858.
- Štular B., Kokalj Ž., Oštir K., Nuninger L. Visualization of LiDAR-derived relief models for detection of archaeological features // Journal of Archaeological Science. 2012. № 39 (11). P. 3354–3360.

- Takahama S., Hayashi T., Kawamata M., Matsubara, Erdenebaatar D. Preliminary Report of the Archaeological Investigations in Ulaan Uushig (R.Uushigiin Övör) in Mongolia. Kanazawa University, 2006.
- Turbat T., Bayarsaikhan J., Batsukh D., Bayarkhuu N. Deer stones of the Jargalantyn Am // Mongolian Tangible Heritage Association NGO. Ulaanbaatar, 2011.
- Vergne R., Pacanowski R., Barla P., Granier X., Shlick C. Radiance scaling for versatile surface enhancement // I3D '10 Proceedings of the 2010 ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games. ACM New York, NY, USA, 2010. P. 143–150.
- Yokoyama R., Shirasawa M., Pike R.J. Visualizing topography by openness: A new application of image processing to digital elevation models // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 2002. № 68. P. 257–265.

Статья поступила в редакцию 25 июня 2019 г.

Kazakov Vladislav V., Simukhin Aleksandr I., Kovalev Vasilii S., Marnuev Pavel E., Namsaraev Dashinima V., and Lbova Lyudmila V.

THE TAMCHINSKIY DEER STONE: DOCUMENTING MEGALITHIC OBJECTS*

DOI: 10.17223/2312461X/25/8

Abstract. Through the example of the Tamchinskiy deer stone in the Transbaikal region, the article describes a photogrammetry-based methodology for documenting steles with reliefs, and offers a full description of the Tamchinskiy monument, including stylistic features of the carved images on its planes. The method of indoors semi-automatic digital image construction used in topography has been tested. The approach consists in 3D-modelling of an object using SfM-photogrammetry and creating a DEM-model of the object's surfaces, consistently applying SLRM and Canny Edge Detection algorithms for image production. The digital images obtained in this way allow specification of visual details and are used to produce final images, which, due to orthonormal images used as the source layer, do not exhibit any geometric distortions, a result difficult to achieve with other image drawing techniques. This methodology is highly accurate and non-invasive and allows creation of digital models that help solve subsequent research tasks, such as object dating, creating images, as well as measuring distances, depth, and shape of any marks left by tools with which images were made; it also enables morphometric analysis. Such 3D models can provide information for monitoring purposes and for research on degradation processes, and can be made available to the public on the Internet, printed out, or integrated into virtual 3D scenes.

Keywords: documentation of archaeological objects, photogrammetry, deer stone, relief, Mongolia and Transbaikal region

* The work was supported by the Russian Science Foundation (project No. 18-78-10079, titled: 'Developing technologies and information systems for documenting and exchanging archaeological data').

References

- Vavulin M.V., Zaitseva O.V. Pushkarev A.A. Metodika i praktika 3D-skanirovaniia raznotipnykh arheologicheskikh artefaktov [3D scanning techniques and practices used for different types of archaeological artifacts], *Sibirskie istoricheskie issledovaniia*, 2014, no. 4, pp. 21-37.
- Volkov V.V. *Olennye kamni Mongolii* [The deer stones of Mongolia]. Ulan-Bator: Izd-vo AN MNR, 1981.

- Volkov V.V. *Olennye kamni Mongolii* [The deer stones of Mongolia]. Moscow: Nauch. mir, 2002.
- Gurya E.Iu., Devlet E.G. Nekotorye rezul'taty razrabotki metodiki izuchenii tekhniki vypolneniia petroglifov piktazhem [Some notes on a methodological approach to analysing rock art technology], *Ural'skii istoricheskii vestnik*, 2010, no. 1(26), pp. 107–118.
- Griaznov M.P. O monumental'nom iskusstve na zare skifo-sibirskikh kul'tur v stepnoi Azii [On monumental art at the outset of Scythian-Siberian cultures in steppe Asia]. In: *Arkheologicheskii sbornik Gosudarstvennogo Ermitazha* [The archaeological collection of the State Hermitage Museum]. Leningrad: Iskusstvo, 1984. Vol. 25, pp. 76–82.
- Dashilkhamaev D.M. Olennye i storozhevy kamni Zabaikal'ia [Deer stones and sentry stones in the Transbaikalian region], *Gumanitarnyi vector*, 2012, no. 2(30), pp. 60–68.
- Esin Iu.N. *Taina bogov drevnei stepi* [The mystery of the ancient steppe's gods]. Abakan: Khakasskii nauchno-issledovatel'skii institut iazyka, literatury i istorii, 2010.
- Esin Iu.N., Magai Zh., Eruul-Erdene Ch., Gantulga Zh. O kraske na olennykh kamniakh Mongolii [Paint on the deer stones of Mongolia], *Arkheologiya, etnografiia i antropologiya Evrazii*, 2017, Vol. 45(3), pp. 79–89. DOI: 10.17746/1563-0102.2017.45.3.079-089
- Zotkina L.V., Kovalev V.S., Shalagina A.V. Vozmozhnosti i perspektivy primeneniia trekhmernoi vizualizatsii kak instrumenta analiza v arkheologii [Possibilities and prospects of using three-dimensional visualisation as an analysis tool in archaeology], *Nauchnaia vizualizatsiia*, 2018, Vol. 10, no. 5, pp. 172–190. DOI: 10.26583/sv.10.5.11
- Kilunovskaia M.E., Semenov V.I. Olennyi kamen' -izobrazitel'naia i mifologicheskaiia struktura [The deer stone as a visual and mythological structure]. In: *Sovremennye problemy izucheniia petroglifov* [Contemporary issues in the study of petroglyphs]. Kemerovo, 1993, pp. 88–103.
- Kovalev A.A., Erdenebaatar D. Dve traditsii ritual'nogo ispol'zovaniia olennykh kamnei Mongolii [Two traditions of the ritual use of deer stones in Mongolia]. In: *Kamennaiia skulptura i melkaia plastika drevnikh i srednevekovykh narodov Evrazii* [Stone sculpture and small sculpture of the ancient and medieval peoples of Eurasia]. Barnaul: Azbuka, 2007, pp. 99–105.
- Kubarev V.D. *Drevnie izvaianiia Altaia (olennye kamni)* [The ancient sculptures of Altai (deer stones)]. Novosibirsk: Nauka, 1979.
- Kukharev V.V., Imenokhoev N.V. Olennyi kamen' iz kompleksa Tamchinskogo datsana [The deer stone from the Tamchinskiy datsan]. In: *Kul'tury i pamiatniki bronzovogo i rannego zhelezного vekov Zabaikal'ia i Mongolii. Materialy mezhdunar. nauch. konf.* [Cultures and monuments of the Bronze and Early Iron period in the Transbaikalian region and Mongolia. International conference proceedings]. Ulan-Ude, 1995, pp. 112–118.
- Lbova L.V. *Otchet ob arkheologicheskoi obsledovanii istoricheskikh pamiatnikov Verkhneudinskogo ostroma i Gusinozerskogo datsana (g. Ulan-Ude, Selenginskii raion Respubliki Buriatii)* [Report on an archaeological study of the historical monuments of Verkhneudinskii ostrog and Gusinozerskiy datsan (the city of Ulan-Ude, Selenginskii area of the Republic of Buryatia)]. Ulan-Ude, 1988 (Archive of the Institute of Archeology, Russian Academy of Sciences. F-1, R-1, №13063).
- Miklashevich E.A. Izobrazheniia na kurgannykh plitakh i stelakh Khakasii (nekotorye problemy izucheniia i muzeifikatsii) [Images on burial ground stones and steles in Khakassia (some issues in research and museumification)]. In: *Drevnee iskusstvo v zerkale arkheologii* [Ancient art in archaeology]. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2011, Is. VII, pp. 214–232.
- Novgorodova E.A. *Drevniaia Mongoliia* [Ancient Mongolia]. Moscow: Nauka, 1989.
- Okladnikov A.P., Zaporozhskaia V.D. *Petroglify Zabaikal'ia* [The Transbaikalian petroglyphs]. Leningrad: Nauka, 1970. Book 2.
- Ol'khovskii V.S. Olennye kamni (k semantike obraza) [The deer stone. Toward the semantics of the image], *Sovetskaia arkheologiya*, 1989, no. 1, pp. 48–62.

- Potantin G.N. *Izvestiia VSORGO (protokol zasedaniia otдела etnografii ot 31 ianvaria 1889 g.)* [VSORGO Newsletter (Protocol of the meeting of the Department of Ethnography dated 31 January 1889)]. Vol. XX, no. 3, pp. 77.
- Savinov D.G. *Olennye kamni v kul'ture kochevnikov Evrazii* [Deer stones in the culture of Eurasian nomads]. St. Petersburg: Izd-vo Sankt- Peterb. unta, 1994.
- Savinov D.G. *Rannie kochevniki Verkhnego Eniseia. Arkheologicheskie kul'tury i kul'turo-genez* [Early nomads in the Upper Yenisei region. Archaeological cultures and cultural genesis]. St. Petersburg: SPbGU, 2002.
- Sokrovishcha kul'tury Buriatii* [Cultural treasures of Buryatia]. St. Petersburg, 2002.
- Tamchinskii datsan: fotoal'bom* [The Tamchinskiy datsan: a photo album]. Eds. I.G. Vasil'eva, E.P. Mikhaleva. Ulan-Ude: BNTs SO RAN, 2015.
- Tivanenko A.V. Olennye kamni Zabaikal'ia [The Transbaikalian deer stones]. In: *Kul'tury i pamiatniki bronzovogo i rannego zheleznogo vekov Zabaikal'ia i Mongolii: materialy mezhdunar. nauch. konf.* [Cultures and monuments of the Bronze and Early Iron period in the Transbaikalian region and Mongolia: International conference proceedings]. Ulan-Ude, 1995, pp. 102–111.
- Tishkin A.A. Vyavlenie, dokumentirovanie i izuchenie «olennykh» kamnei v doline Buianta (Mongol'skii Altai) [Identifying, documenting and studying 'deer' stones in the Buyant Valley (Mongolian Altai)]. *Teoriia i praktika arkheologicheskikh issledovaniy*, 2013a, no. 1(7), pp. 73–90.
- Tishkin A.A. Olennye kamni Tsentral'noi Azii i izobrazheniia na nikh: obzor sushchestvuiushchikh interpretatsii i novye otkrytiia [The deer stones of Central Asia and images on them: an overview of existing interpretations and new perspectives]. In: *Tvorchestvo v arkheologicheskom i etnograficheskom izmerenii* [Art in archaeological and ethnographic dimensions]. Omsk: Nauka, 2013b, pp. 222–228.
- Khoroshikh P.P. Olennyi kamen' iz Zabaikal'ia [The deer stone from Transbaikalia]. *Sovetskaya arkheologiya*, 1962, no. 3, pp. 291–292.
- Khudiakov Iu.S. Khereksury i olennye kamni [Kereksurs and deer stones]. In: *Arkheologiya, etnografiia i antropologiya Mongolii* [The archaeology, ethnography and anthropology of Mongolia]. Novosibirsk, 1987, pp. 136–162.
- Tsybiktarov A.D. Khereksury Buriatii, Severnoi i Tsentral'noi Mongolii [The kereksurs of Buryatia and North and Central Mongolia]. In: *Kul'tury i pamiatniki bronzovogo i rannego zheleznogo vekov Zabaikal'ia i Mongolii* [Cultures and monuments of the Bronze and Early Iron period in the Transbaikalian region and Mongolia]. Ulan-Ude: BNTs SO RAN, 1995, pp. 38–47.
- Tsybiktarov A.D. Olennye kamni mongolo-zabaikal'skogo tipa kak istochniki po izucheniiu vzaimootnoshenii drevnikh skotovodov Tsentral'noi Azii epokhi pozdnei bronzy i rannego zheleza [Deer stones of the Mongolian-Transbaikalian type as historical sources on ancient herders in Central Asia during the Late Bronze and Early Iron period]. In: *Problemy istorii i kul'tury kochevykh tsivilizatsii Tsentral'noi Azii: materialy mezhdunar. nauch. konf.* [Issues of the history and culture of nomad civilisations in Central Asia: International research conference proceedings]. Ulan-Ude, 2000, Vol. 1, pp. 98–102.
- Tsybiktarov A.D. Olennye kamni i kul'tura plitochnykh mogil [Deer stones and the slab grave culture]. In: *Drevnie kul'tury Mongolii, Baikal'skoi Sibiri i Severnogo Kitaia: mat-ly VII mezhdunar. nauch. konf.: v 2 t. T. 2* [Ancient cultures of Mongolia, Baikal Siberia and Northern China: Proceedings of the 8th International research conference: volume 2]. Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 2016, pp. 294–301.
- Cheremisin D.V., Kazakov V.V., Kovalev V.S., Zhumadilov K.B. 3D modelirovanie naskal'nykh risunkov Altaia s pomoshch'iu trekhmernogo skanirovaniia i fotogrammetrii [3D modelling of Altai rock drawings via three-dimensional scanning and photogrammetry]. In: *Problemy arkheologii, etnografii, antropologii Sibiri i sopredel'nykh territorii* [Issues of the archaeology, ethnography and anthropology of Siberia and adjacent territories]. Novosibirsk: Izd-vo IAET SO RAN, 2016, Vol. XXII, pp. 466–469.

- Cheremisin D.V., Kazakov V.V., Kovalev V.S., Zhumadilov K.B. Trekhmernoe skanirovanie naskal'nykh risunkov Altaia v tekhnike gravirovki [3-Dimensional Scanning of Engraved Rock Representations in the Altai]. In: *Problemy arkheologii, etnografii, antropologii Sibiri i sopredel'nykh territorii* [Problems of archeology, ethnography and anthropology of Siberia and neighboring territories]. Novosibirsk: Izd-vo IAET SO RAN, 2017, Vol. XXIII, pp. 449-453.
- Chlenova N.L. *Olennye kamni kak istoricheskii istochnik (na primere olennykh kamnei Severnogo Kavkaza)* [Deer stones as a historical source: the case of the deer stones of the Northern Caucuses]. Novosibirsk: Nauka, 1984.
- Chugunov K.V. Olennye kamni i stely v kontekste elitnykh kompleksov Saiano-Altaia [Deer stones and steles in the elite complexes of the Sayano-Altai region]. In: *Kamennaiia skul'ptura i melkaia plastika drevnikh i srednevekovykh narodov Evrazii* [Stone sculpture and small sculpture of the ancient and medieval peoples of Eurasia]. Barnaul, 2007, pp. 109-113.
- Canny J. A computational approach to edge detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1986, no. 8, pp. 679-698.
- Carrero-Pazos M., Espinosa D. Tailoring 3D modelling techniques for epigraphic texts restitution. Case studies in deteriorated roman inscriptions, *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2018, no. 9, pp. 1-12
- Carrero-Pazos M., Vázquez-Martínez A., Vilas-Estévez B. AsTrend: towards a new method for the study of ancient carvings, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2016, no. 9, pp. 105-119.
- Davies E.R. *Computer and machine vision: theory, algorithms, practicalities*. (4th Ed), Academic Press, 2012.
- Díaz-Guardamino M., García Sanjuán L., Wheatley D., Rodríguez Zamora V. RTI and the study of engraved rock art: a re-examination of the Iberian south-western stelae of Setefilla and Almadén de la Plata 2 (Seville, Spain), *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2015, no. 2, pp. 41-45.
- Earl G.P., Martínez K., Malzbender T. Archaeological applications of polynomial texture mapping: analysis, conservation and representation, *Journal of Archaeological Science*, 2010, no. 37, pp. 2040-2050.
- Jebara T., Azarbayejani A., Pentland A. 3D structure from 2D motion, *IEEE Signal Processing Magazine*, 1999, no. 16(3), pp. 66-84.
- Kokalj Ž., Zakšek K., Oštir K. Application of Sky-View Factor for the Visualization of Historic Landscape Features in Lidar-Derived Relief Models, *Antiquity*, 2011, no. 85(327), pp. 263-273.
- Mara, H., Kromker, S. Vectorization of 3D-characters by integral invariant filtering of high-resolution triangular meshes. In: *Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition*, ICDAR, 2013.
- Manay S., Cremers D., Hong B.-W., Yezzi A. J., and Soatto S. Integral Invariants for Shape Matching, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2006, no. 28(10), pp. 1602-1616.
- Miller G.S.P. Efficient algorithms for local and global accessibility shading. In: *Proceedings of the 21st Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, ACM, SIGGRAPH, 1994, pp. 319-326.
- Monna F., Esin Yu., Magail J., Granjon L., Navarro N., Wilczek J., Saligny L., Couette S., Dumontet A., Chateau C. Documenting carved stones by 3D modelling – Example of Mongolian deer stones, *Journal of Cultural Heritage*, 2018, no. 34, pp. 116-128.
- Robert E., Petrognani S., Lesvignes E. Application of digital photography in the study of Paleolithic cave art, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2016, no. 10, pp. 847-858.
- Štular B., Kokalj Ž., Oštir K., Nuninger L. Visualization of LiDAR-derived relief models for detection of archaeological features, *Journal of Archaeological Science*, 2012, no. 39(11), pp. 3354-3360.

- Takahama S., Hayashi T., Kawamata M., Matsubara, Erdenebaatar D. *Preliminary Report of the Archaeological Investigations in Ulaan Uushig (R.Uushigiin Övör) in Mongolia*, Kanazawa University, 2006.
- Turbat T., Bayarsaikhan J., Batsukh D., Bayarkhuu N. *Deer stones of the Jargalantyn Am*. Mongolian Tangible Heritage Association NGO. Ulaanbaatar, 2011.
- Vergne R., Pacanowski R., Barla P., Granier X., Shlick C. Radiance scaling for versatile surface enhancement. In: *I3D '10 Proceedings of the 2010 ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games*, ACM New York, NY, USA, 2010, pp. 143-150.
- Yokoyama R., Shlrasawa M., Pike R. J. Visualizing topography by openness: A new application of image processing to digital elevation models, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2002, no. 68, pp. 257–265.